

тарной струйки») предполагается принять равной 4 дм², чтобы снизить влияние пристенных эффектов. Длину элемента необходимо принять равной 2 м, поскольку желательнее получить фиксируемый эффект сгущения. Отсеки входа и выхода предполагается выполнить длиной 0,2 м и снабдить перфорированной перегородкой.

1. Григоров О.Н., Козьмина З.П., Маркович А.В., Фридрихсберг Д.А. Электрокинетические свойства капиллярных систем. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956.

2. Григоров О.Н. Электрокинетические явления. – Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1973. – 47 с.

3. Козьмина З.П., Кожина Н.И. и др. Исследование зависимости электрокинетического потенциала окиси алюминия от условий ее получения «Электроповерхностные явления в дисперсных системах». – М.: Наука, 1972. – С. 220-228.

4. Фоминых А.М., Санников В.А. Электрокинетические свойства нового фильтрующего материала // Коллоидный журнал. – 1972. – 34, №3. – С. 474 – 476.

5. Оводов В.С., Чудновский С.М. Вопросы исследования электрокинетической характеристики мутных вод // Труды НИМИ. Т.12, вып.5. – Новочеркасск, 1970.

6. Ярошевская Н.В. Исследование зернистых материалов и влияние их свойств на процессе очистки воды фильтрованием: Автореф. канд. дис. – К., 1980. – 20 с.

7. Кульский Л.А., Ярошевская Н.В. Влияние ξ -потенциала зернистой фильтрующей загрузки на ее задерживающую способность // Химия и технология воды. Т.2. – 1980. – №1. – С. 46-49.

8. Лавриненко К.И. Исследование фильтров с пенополиуретановой загрузкой для доочистки биохимически очищенных сточных вод: Автореф. канд. дис. – Харьков, 1978. – 22 с.

9. Куликов Н.И. и др. Теоретические основы очистки воды: Уч. пособие. – Макеевка: ДГАСА, 1999. – С. 40 – 50.

10. Альтшуль А.Д., Кисилев П.Г. Гидравлика и аэродинамика: Уч. пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 1975. – С.13.

Получено 23.09.2002

УДК 576.8.620 : 193.81

И.В.КОРИНЬКО, канд. техн. наук

ГКП "Харьковкоммуночиствод"

В.А.ЮРЧЕНКО, канд. техн. наук

УГНИИ УкрВОДГЕО, г.Харьков

АЭРОБНЫЙ ХЕМОСИНТЕЗ КАК ФАКТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДОПОДГОТОВКИ, ОТВЕДЕНИЯ И ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Рассмотрены экологически значимые процессы аэробного хемосинтеза в сооружениях водоподготовки, водоотведения и очистки сточных вод. Отмечена масштабность автотрофных микробиологических превращений соединений серы и азота в этих объектах техносферы. Разработаны основные принципы управления аэробным хемосинтезом и конкретные методы оперативного контроля отдельных реакций.

Хемосинтез – форма автотрофной ассимиляции CO_2 при жизни в темноте на минеральных средах, которой среди биоты обладает только сравнительно небольшая группа бактерий. К настоящему времени известно шесть процессов аэробного хемосинтеза и два процесса анаэробного, трансформирующих неорганические соединения серы, азота, углерода, водорода, сурьмы и железа. Аэробные хемолитоавтотрофные процессы (аэробный хемосинтез) являются одним из наиболее активных факторов геологической деятельности микроорганизмов в биосфере и не менее масштабного явления в техносфере – микробиологической коррозии. В объектах техносферы значимыми для их технических и экологических характеристик являются два аэробных хемолитоавтотрофных процесса – окисление соединений серы тионовыми бактериями и нитрификация [1-5].

Среди многочисленных спонтанных и направленных микробиологических процессов, развивающихся в сооружениях водоподготовки и канализации, на экологические и эксплуатационные характеристики этих объектов техносферы определяющее влияние оказывают те воздействия, которые осуществляют доминирующие в микробиоценозах эколого-трофические группы при трансформации массовых количеств неорганических соединений. Хемолитоавтотрофные микробиоценозы спонтанно развиваются в трубопроводах водоснабжения, водоотведения и направленно используются в биотехнологиях очистки сточных вод и утилизации осадков. Хемосинтез в сооружениях канализации по интенсивности и масштабам превращений биогенных элементов не имеет равных среди аналогичных процессов ни в техносфере, ни в биосфере [1, 5-9].

При биологической очистке сточных вод процессы, аэробного хемосинтеза, превращающие серо- и азотсодержащие соединения, достигают масштабов, кардинально влияющих на эффективность защиты природной среды этими техническими средствами и их экологическую безопасность. А в сооружениях водоотведения спонтанный аэробный хемосинтез определяет также долговечность и эксплуатационную надежность этих объектов [8-10].

В процессах водоподготовки спонтанные процессы аэробного хемосинтеза интенсивно влияют как на качество воды, так и на долговечность трубопроводов водоснабжения [5-7].

Недостаточный объем исследований экологии хемолитоавтотрофных бактерий в сооружениях водоподготовки и канализации, особенностей их метаболизма в этих техногенных средах, отсутствие методов оперативного контроля их концентрации в микробиоценозах техносферы не позволили до настоящего времени выработать эффек-

тивные способы регуляции хемосинтеза: подавления спонтанных микробиоценозов в сооружениях водоподготовки, водоотведения и интенсификации в сооружениях биологической очистки сточных вод. Следствием этого является активное коррозионное разрушение сотен километров бетонных и железобетонных трубопроводов водоотведения и неудовлетворительный эффект очистки городских и промышленных сточных вод от азотсодержащих загрязнений на биологических очистных сооружениях, вторичное загрязнение воды и коррозия оборудования при водоподготовке.

Цель данного исследования – разработка методов оперативного контроля процессов аэробного хемосинтеза и методов его управления.

Для эффективного управления масштабными процессами хемосинтеза в технических сооружениях необходимы:

- методы оперативного контроля концентрации хемолитотрофных бактерий или активности их метаболизма;
- выявление и использования экологически чистых, экономически целесообразных и безопасных для эксплуатации сооружений воздействий, которые эффективно подавляют или эффективно интенсифицируют эти процессы.

Биотехнология нитрификации является наиболее эффективным, экономичным и экологически чистым методом очистки от $N-NH_4$, N -карбамида и $N-NO_2$ как городских, так и промышленных сточных вод. По скорости превращения азотсодержащих субстратов нитрификация – лимитирующее звено обработки минерализованных промышленных сточных вод методом нитрификации-денитрификации. В такой схеме активность нитрификации влияет на глубину удаления $N-NH_4$ и на эффективность обработки сточных вод на всех последующих ступенях, а в результате – на экологическую безопасность очищенных сточных вод, сбрасываемых в природный водоем. При очистке городских сточных вод нитрификация не только метод удаления $N-NH_4$, но и индикатор глубины очистки сточных вод от органических загрязнений.

В системах водоподготовки спонтанная нитрификация способствует удалению $N-NH_4$. Однако при недостатке кислорода, вторая фаза нитрификации – окисление NO_2^- до NO_3^- , может тормозиться и продукт первой фазы нитрификации – NO_2^- – накапливаться в среде. Аналогичное явление – вторичное загрязнение воды нитритами, причем в очень больших масштабах, по данным американских авторов было обусловлено нитрификацией хлорамина, используемого для обеззараживания в питьевом водоснабжении [11].

Для оперативного контроля процессов нитрификации как в природных, так и в техногенных биотопах в УГНИИ УкрВОДГЕО разработана методика количественной оценки нитрифицирующей активности микробиоценозов, которая сокращает определение численности аммонийоокисляющих бактерий с 30 дней до 2-3 часов, а также дает прогнозную оценку скорости окисления $N-NH_4$ этим микробиоценозом, что позволяет оперативно принимать обоснованные решения при эксплуатации очистных сооружений.

Результаты лабораторных исследований и данные обследования работы промышленных очистных сооружений показали, что иммобилизация хемолитотрофных нитрифицирующих и тионовых бактерий трансформирует микробиоценоз из стенопотентного в эврипотентный, многократно повышая его устойчивость к химическим и физическим бактерицидным воздействиям, а также к действию высоких концентраций азот- и серосодержащих загрязнений в сточных водах.

Наиболее высокие показатели биосорбционной нитрификации сточных вод ($10-23 \text{ мг N/г}_{\text{сух}} \cdot \text{ч}$) и обезроданивание их тиобациллами отмечены при иммобилизации микробиоценоза на капроновых «виях». В сооружениях биоплато нитрификацию хозяйственно-бытовых сточных вод осуществляет также иммобилизованный микробиоценоз — перифитон высшей водной растительности.

Иммобилизованные тиобациллы на несколько порядков устойчивей к воздействию биоцидов общепатогенного действия, чем сапрофитные микроорганизмы. Способность к хемосинтезу, объединяющая нитрифицирующих бактерий и тиобацилл, позволяет использовать для подавления раз развития одни и те же специфические биоциды - ингибиторы хемосинтеза. Для нитрификаторов такие биоциды широко разрабатывались с целью использования в агрохимии. Однако масштабы сооружений водоотведения делают такие мероприятия по подавлению развития тионовых бактерий на своде самотечных канализационных трубопроводах экологически опасными.

Активное развитие тионовых бактерий наблюдается в сооружениях биологической очистки сточных вод только некоторых производств, например, коксохимического и целлюлозно-бумажного. Метаболизм этих бактерий оказывает положительное влияние на эффект очистки, поскольку приводит к окислению таких серосодержащих загрязнений как роданиды, сероводород, меркаптаны и др. В активном или городских очистных сооружений концентрация тиобацилл по сравнению с концентрацией гетеротрофной микрофлоры незначительна.

В сооружениях водоотведения спонтанные микробиологические процессы происходят как в лотковой части, так и на своде самотечных коллекторов, причем, в лотковой части в иммобилизованных микробиоценозах доминируют хеморганотрофные процессы, а на своде - аэробный хемосинтез (окисление соединений серы тионовыми бактериями и нитрификация). Как показали данные обследования бетонных коллекторов г.Харькова, активность образования продуктов нитрификации намного ниже в активность образования серной кислоты тионовыми бактериями. Особую опасность процессы хемосинтеза, образующие сильные неорганические кислоты, представляют для бетонных и железобетонных сооружений. В динамике эксплуатации трубопроводов происходит снижение pH конденсатной влаги на своде (от исходных значений 12,2-12,5) в результате взаимодействия щелочных компонентов бетона (цементных гидратов) с газообразными соединениями, а после достижения pH значений менее 10 - и с кислыми продуктами микробного метаболизма. При снижении pH конденсатной влаги на своде численность тионовых бактерий, иммобилизованных на бетоне, устойчиво возрастает, а при pH меньше 5 они вытесняют микроорганизмы других эколого-трофических групп, в том числе и нитрифицирующие. Образованная тионовыми бактериями серная кислота взаимодействует с компонентами бетона (цементным камнем и материалами заполнителя) и обуславливает процесс так называемой биогенной сернокислотной агрессии. Активность и мощь этого процесса кардинально снижает долговечность и надежность бетонных и железобетонных трубопроводов, ставит под угрозу безопасность жизнедеятельности целых городских регионов. Интенсивность аварий и отказов на этих сооружениях (1,8 на 1 км/год) на порядок превышает этот показатель для трубопроводов из кирпича и керамики, причем, 70% аварий обусловлены именно коррозионным разрушением. Принимая во внимание протяженность бетонных и железобетонных канализационных коллекторов в Украине и всем мире, влияние их надежности на состояние подземного пространства и жизнеобеспечения городов, можно заключить, что коррозионное разрушение этих объектов в результате процессов аэробного хемосинтеза представляет собой проблему государственного значения.

Не менее острую проблему создает хемосинтез тиобацилл в сооружениях водоподготовки, но для конструкций из железа и стали. Нами установлено активное коррозионное разрушение трубопровода и теплообменника, выполненных их нержавеющей стали, в результате бурного развития аэробных и анаэробных тионовых бактерий.

Авторами разработан способ оперативного определения численности тионовых бактерий в бетоне, который сокращает традиционный микробиологический анализ с 7 дней до нескольких минут. Полученные зависимости позволяют без взятия пробы бетона количественно оценить не только степень агрессивности среды на своде, но и скорость его коррозии, а, следовательно, эксплуатационную надежность объектов водоотведения. Способ может быть использован как для обследования сетей водоотведения, так и при создании системы мониторинга этих объектов.

В целом, разработанные мероприятия можно рассматривать как первый шаг к созданию системы управления хемосинтезом в промышленных водохозяйственных сооружениях.

1. Хемосинтез: К 100-летию открытия С.Н.Виноградским. – М.: Наука, 1989. – 256 с.
2. Кондратьева Е. Н. Литотрофные прокариоты. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 312 с.
3. Заварзин Г. А. Литотрофные микроорганизмы. – М.: Наука, 1972. – 323 с.
4. Биотехнология металлов: Практическое руководство. – М.: Центр международных проектов ГКНТ, 1989. – 374 с.
5. Андреев Е. И., Билай В. И., Коваль Э. З., Козлова И. А. и др. Микробная коррозия и ее возбудители. – К.: Наук. думка, 1980. – 287 с.
6. Биоповреждения / Под ред. В. Д. Ильичева. – М.: Высшая школа, 1987. – 426 с.
7. Биоповреждение, обрастание и защита от него. – М.: Наука, 1996. – 143 с.
8. Дрозд Г. Я. Повышение эксплуатационной долговечности и экологической безопасности канализационных сетей: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Магсеевка, 1998. – 36 с.
9. Hormann K., Hormann F.-J., Schmidt M. Stability of concrete against biogenic sulfuric acid corrosion - a new method for determination // Proceedings of the 10th International Congress on the chemistry of cement. Gothenburg, Sweden, June 2-6, 1997. - Vol. 4. - P.38-42.
10. Яковлев С.В., Корюхина Т.А. Биохимические процессы в очистке сточных вод. – М.: Стройиздат, 1980. – 200 с.
11. McGuire M.J., Lieu N.I., Pearthree M.S. Using chlorate ion to control nitrification // J.Amer. Water Works Ass. – 1999. – 12. P.52-61.

Получено 23.09.2002

УДК 628.543

С.И.МОВЧАН, Н.В.МОРОЗОВ, канд. физ.-матем. наук

Таврическая государственная агротехническая академия, г.Мелитополь

ЛАЗЕРНЫЕ ДОПЛЕРОВСКИЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ЧАСТИЦ В СТОЧНЫХ ВОДАХ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Рассматриваются методы лазерной доплеровской интерферометрии для определения скорости, эффективного диаметра и величины электрокинетического потенциала частиц примесей тяжелых металлов (ионов хрома) в сточных водах гальванического